

## **STUDI PERILAKU MEKANIK KEKUATAN BETON RINGAN TERHADAP KUAT LENTUR BALOK**

**Satria Aji Wibawa<sup>1</sup>**

**Ir. Haryanto Yoso Wigroho, M.T.<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari 44 Yogyakarta

e-mail : haryanto@mail.uajy.ac.id

### **Abstrak**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menghasilkan perubahan-perubahan, termasuk dalam bidang konstruksi. Dalam bidang konstruksi terdapat beberapa komponen bangunan yang banyak dikembangkan. Penelitian ini akan menguji tentang balok lentur berpengisi beton ringan yang merupakan salah satu komponen bangunan. Pemilihan beton ringan sebagai bahan pengisi karena beton ringan memiliki berat jenis yang ringan yang dapat mengurangi berat suatu bangunan. Semakin berat suatu bangunan maka komponen struktur bangunan juga harus semakin kuat. Semakin ringan suatu bangunan maka komponen struktur bangunan akan semakin ringan menahan bebannya sendiri. Pada penelitian ini menguji 6 balok yang mengalami gagal lentur. Ukuran penampang benda uji balok adalah 125 mm x 200 mm dengan panjang bersih 1800 mm dan panjang total 2000 mm. Variasi pada penelitian ini menggunakan jumlah tulangan tarik sebanyak 2, 4 dan 6 dengan diameter ukuran 10 mm. Tulangan sengkang menggunakan ukuran 6 mm. Benda uji balok dibebani dengan beban terpusat dua titik pada jarak sepertiga bentang yaitu sejauh 600 mm dari masing-masing tumpuan balok. Hasil beban maksimum pengujian yang diperoleh BA 1, BB 1 dan BC 2 secara berurutan adalah 24,0127 kN; 60,6467 kN dan 62,1474 kN. Hasil beban maksimum analisis BA 1, BB 1 dan BC 2 adalah 26,2015 kN; 25,2380 kN dan 34,1087 kN. Dari hasil beban maksimum pengujian dengan analisis didapatkan nilai rasio beban maksimum sebesar 0,9165; 1,7211 dan 1,8220.

**Kata Kunci :** balok beton ringan agregat *citicon*, kekuatan lentur, pola retak.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta

<sup>2</sup> Staff Pengajar Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta

## PENDAHULUAN

Suatu bangunan memiliki inti bangunan yang biasa dinamakan struktur bangunan. Struktur bangunan memiliki tugas untuk menahan dan meneruskan beban ke kolom dari struktur di atasnya seperti kuda-kuda, dinding, dan plat lantai yang disebut dengan balok. Umumnya komponen penyusun balok terdiri dari beton, tulangan tarik, tulangan desak, dan tulangan geser. Bahan yang digunakan dalam struktur bangunan adalah tulangan baja atau profil baja dan beton. Baja merupakan material bangunan yang dapat menahan lentur dari bangunan tersebut jika diberikan beban. Kemudian beton memiliki sifat-sifat umum yaitu, kuat tekan yang tinggi, tahan terhadap api dan beton mudah dibentuk ketika pembuatan dibandingkan baja. Dua bahan tersebut jika disatukan maka akan semakin memperkuat konstruksi bangunan karena beton menahan gaya tekan dan baja akan memperkuat dan menahan gaya tarik. Dalam penelitian ini penyusun membuat benda uji untuk diteliti yaitu berupa balok dengan bahan pengisi beton ringan yang banyak dikembangkan saat ini. Pemilihan beton ringan sebagai bahan pengisi karena beton ringan memiliki berat jenis yang ringan yang dapat mengurangi berat bangunan. Semakin ringan suatu bangunan maka komponen struktur bangunan akan semakin ringan menahan bebannya sendiri.

## PERMASALAHAN

Permasalahan dalam penelitian ini adalah : meneliti penggunaan beton ringan yang diaplikasikan pada balok beton ringan ukuran  $1800 \times 125 \times 200$  yang di analisis dari tulangan lenturnya.

## BATASAN MASALAH

Benda uji yang digunakan adalah balok dengan ukuran  $l_u = 1800$  mm,  $b = 125$  mm dan  $h = 200$  mm. Kuat tekan rencana beton,  $f_c' = 12$  MPa. Mutu baja tulangan longitudinal,  $f_y = 270$  MPa. Mutu baja tulangan geser,  $f_y = 240$  MPa. Selimut beton 10 mm. Variasi jumlah tulangan longitudinal adalah 2P10, 4P10 dan 6P10. Ukuran agregat kasar tertahan saringan 10 mm, berasal dari bata ringan merk "citicon". Semen merk "Gresik". Agregat halus berasal dari sungai Progo, Kulon Progo, Yogyakarta. Jarak antar sengkang daerah tumpuan balok,  $s = 50$  mm, sedangkan pada daerah lapangan balok,  $s = 100$  mm. Pengujian dilakukan setelah umur mencapai 28 hari. Balok dibebani pada dua titik, dimana kedua titik tersebut masing-masing berjarak  $a = 600$  mm dari setiap tumpuan balok. *Transfer beam* yang digunakan untuk menyalurkan beban menjadi dua titik adalah sepanjang 600 mm.

## TINJAUAN PUSTAKA

Sugianto (2012), melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa berat jenis beton ringan beragregat kasar bata ringan sebesar  $1628,4175 \text{ kg/m}^3$  memenuhi syarat sebagai beton ringan untuk struktur (*structural lightweight concrete*) menurut

Dobrowolski (1998). Kuat tekan beton ringan ( $f'_c$ ) beragregat kasar bata ringan pada umur 7 hari rata-rata 6,0983 MPa, 14 hari rata-rata 7,5 MPa dan 28 hari rata-rata 10,0295 MPa. Modulus elastisitas rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 2837,8889 MPa.

Austen (2014), melakukan penelitian beton dengan menggunakan substitusi *Fly Ash* dan *Superplasticizer* yang menunjukkan hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji umur 56 hari terjadi peningkatan dibandingkan dengan benda uji umur 28 hari dari perbandingan semen dengan kerikil secara berurutan 1 : 2; 1 : 4; 1 : 6 1 : 8 dan 1 : 10 sebesar 9,225 %; 41,266 %; 48,885 %; 2,456 % dan 5,2254 %. Hasil pengujian kuat lentur pada benda uji umur 56 hari terjadi peningkatan dibandingkan dengan benda uji umur 28 hari dari perbandingan semen kerikil 1 : 2 sampai dengan 1 : 10 sebesar 39,275 %; 19,854 %; 17,051; -11,132 % dan 33,813 %. Dari hasil pengujian mendapatkan nilai yang maksimum dengan perbandingan semen : kerikil yaitu 1 : 2 pada umur 56 hari dengan nilai 1,2554 MPa dan 3,7273 MPa.

Suarnita (2010), melakukan penelitian dengan hasil kuat tekan beton ringan tempurung kelapa dengan berat isi rata-rata 1,701 kg/m<sup>3</sup> dari hasil penelitiannya. Perbandingan yang digunakan dalam penelitian tersebut digunakan campuran 1 : 2 menghasilkan kuat tekan rata-rata 14,054 MPa , modulus elastisitas sebesar 4595,590 MPa, kuat tarik belah 1713 MPa dan kuat lentur 2329 MPa.

Widi (2015), melakukan penelitian yang menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata beton ringan pada umur 28 hari dengan substitusi batu apung sebagai komposisi agregat kasar sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% berturut-turut adalah 41,457 MPa, 18,498 MPa, 10,346 MPa, 14,808 MPa dan 14,150 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata beton ringan pada umur 56 hari dengan substitusi batu apung sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% berturut-turut adalah 46,247 MPa, 38,895 MPa, 21,337 MPa, 17,923 MPa dan 15,639 MPa.

Wibowo (2013), melakukan penelitian yang menunjukkan bahwa berat jenis beton ringan beragregat kasar berupa bata ringan merk "*citicon*" sebesar 1743,2718 kg/m<sup>3</sup>. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari yang mencapai kuat tekan 15,8999 MPa. Pengujian kapasitas kolom langsing kanal C ganda berpengisi beton ringan dengan beban eksentrik, dengan variasi eksentrisitas 50 mm dan 150 mm dapat menahan beban sebesar 2048 kgf.

Hanavi (2014), melakukan penelitian tentang penggunaan baja profil siku yang diaplikasikan pada balok dan diuji kuat lenturnya. Hasil pengujian beban maksimum BBTS 1 76,4469 kN; BBTS 2 75,4286 kN dan BBTS 3 66,5494 kN. Hasil analisis beban maksimum BBTS 1 46,9640 kN; BBTS 2 46,7340 kN dan BBTS 3 46,4433 kN. Beban retak pertama hasil pengujian terjadi pada BBTS 1 2716,0750 kg; 2405,2151 kg dan 1951,7260 kg. Beban retak pertama hasil analisis terjadi pada BBTS 1 972,9414 kg; BBTS 2 1033,4827 kg dan BBTS 3 1215,0958 kg.

## LANDASAN TEORI

Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton adalah seperti yang terdapat pada persamaan berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan :

$f'c$  = kuat tekan (MPa)

$P$  = beban tekan (N)

$A$  = luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Suatu keadaan pembebanan terhadap lentur murni adalah bila penampang hanya dibebani momen lentur, maka terdapat keadaan keseimbangan seperti pada persamaan berikut :

$$Cc = Ts \quad (2)$$

Syarat rasio penulangan untuk komponen lentur adalah :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (4)$$

$$\rho_b = \left\{ \frac{(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1)}{f_y} \right\} \left\{ \frac{600}{(600 + f_y)} \right\} \quad (5)$$

Momen nominal ( $Mn$ ) adalah :

$$Mn = Cc \cdot z = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (6)$$

$$Mn = Ts \cdot z = As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (7)$$

Momen Ultimit ( $Mu$ ) adalah :

$$Mu = \frac{1}{6} \cdot P \cdot L \quad (8)$$

Keterangan :  $Cc$  = Gaya pada daerah tekan penampang

$Ts$  = Gaya tarik baja

$As$  = Luas tulangan baja

$b$  = Lebar balok

$L$  = Panjang balok

$P$  = Beban

$d$  = Tinggi efektif balok

$a$  = Tinggi blok tegangan beton tekan

$\rho_{min}$  = Rasio penulangan minimum

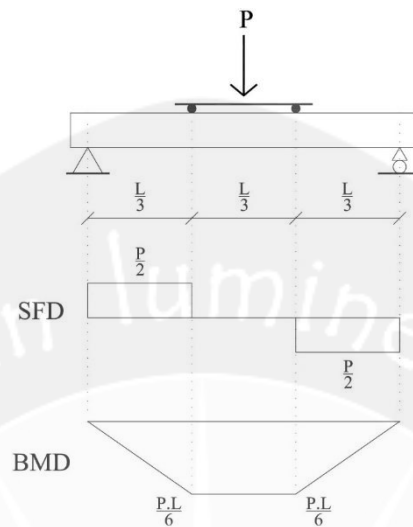
$\rho_{maks}$  = Rasio penulangan maksimum

$\rho_b$  = Rasio penulangan dalam keadaan seimbang

$f'c$  = Kuat tekan beton

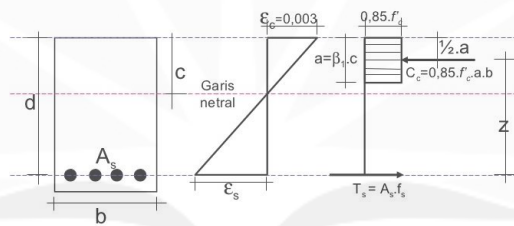
$f_y$  = Tegangan luluh baja

$$\beta_1 = 0,85 \rightarrow f'_c \leq 30$$



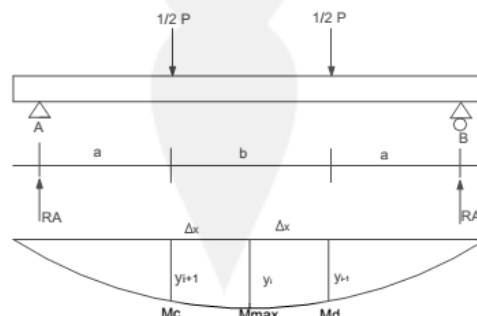
Gambar 1. Hubungan Antara Pembebanan ( $P$ ), Momen ( $M$ ) dan Geser ( $F$ )

Dapat dinyatakan bahwa regangan tekan beton dan batas leleh baja yang diisyaratkan tercapai bersamaan yang digambarkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Regangan Penampang Balok Persegi Tulangan Tarik Tunggal

Kelengkungan adalah ukuran seberapa tajam suatu balok melentur (Timoshenko, 2000). Pada suatu potongan balok kelengkungan dapat ditentukan dengan pendekatan metode *central difference* dengan memanfaatkan tiga titik diskrit yang berurutan (Chapra dan Canale, 1989). Mengacu kepada Gambar 3 dan dari *deret taylor* :



Gambar 3. Lendutan Balok Tumpuan Sederhana Akibat Beban Terpusat  
(Sumber : Chapra dan Canale, 1989)

$$\phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \quad (11)$$

Keterangan :

$\Phi$  = Kelengkungan

$y_{i+1}$  = LVDT 1

$y_i$  = LVDT 2

$y_{i-1}$  = LVDT 3

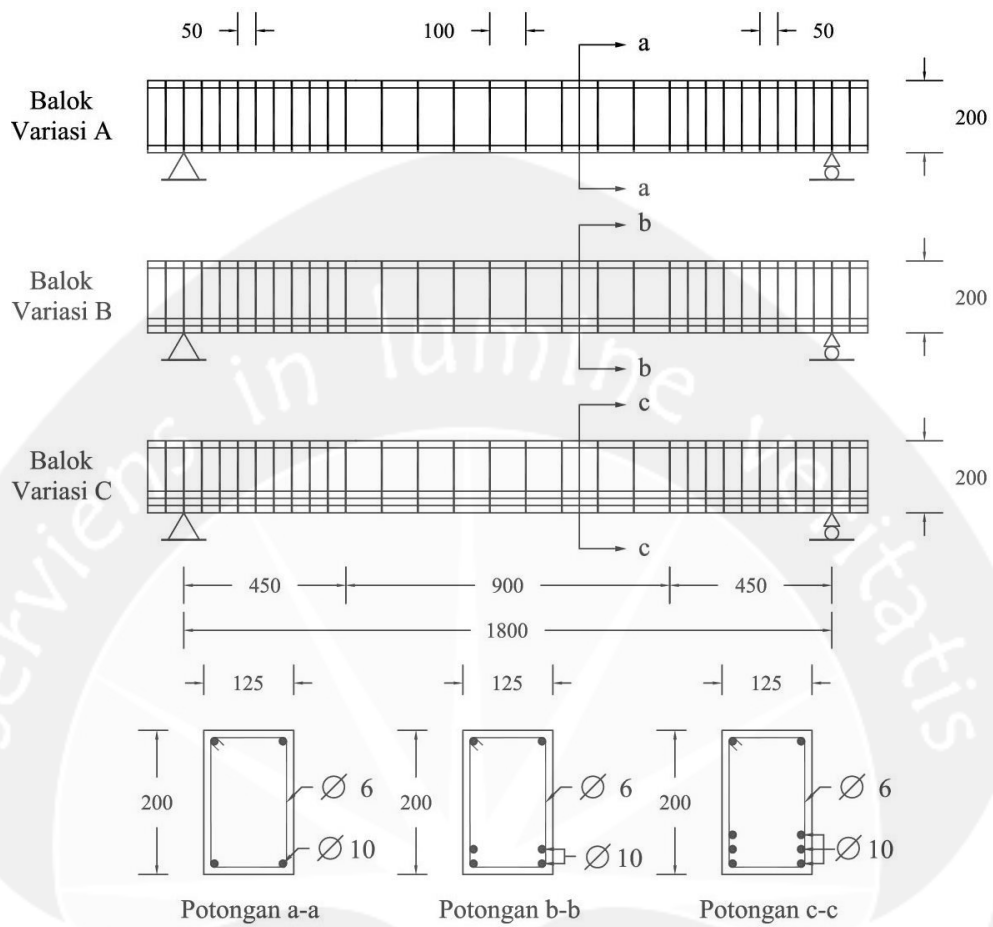
## PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode studi eksperimental, yaitu dengan cara melakukan percobaan secara langsung di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tulangan longitudinal yang digunakan sebagai variabel terikat, terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton ringan dengan menggunakan agregat kasar bata ringan merk “*citicon*” yang telah dihancurkan dan tertahan saringan 10 mm seperti terlihat pada gambar 3.

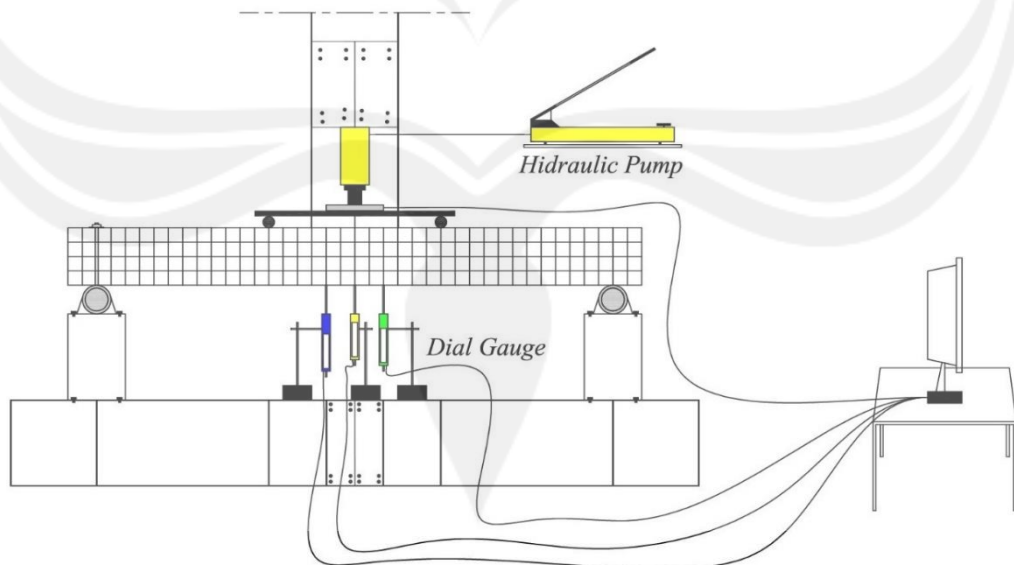
Pengujian akan dilakukan dengan benda uji berupa beton silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan dan menggunakan balok ukuran 1800 x 125 x 200 mm untuk pengujian kuat lentur balok beton ringan bertulang. Pengujian benda uji dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. *Setting* alat pengujian seperti pada gambar 4.

Tahap analisis data adalah pengolahan data yang telah diperoleh dari pengujian bahan maupun data yang diperoleh dari pengujian benda uji, selanjutnya diolah dan akan dibandingkan dengan hasil analisa teoritis yang sesuai dengan tujuan dari penelitian.

Hambatan yang ditemukan selama pelaksanaan penelitian adalah : Pengaku pada bekesting harus kuat, proses pengecoran mengalami kesulitan dikarenakan celah-celah tempat masuknya agregat sangat kecil, selain itu alat *vibrator* tidak dapat digunakan karena spasi yang kecil untuk masuknya alat ke bekesting, sehingga pengecoran dilakukan dengan cara manual yaitu menumbuk-numbuk adukan beton dengan tongkat baja. Hal ini menyebabkan timbulnya rongga-rongga kecil pada balok setelah mengeras, *human error* seperti ketidak tepatan saat pembacaan dan mencatat data membuat hasil pengujian menjadi kurang akurat.



Gambar 4. Gambar Variasi Tulangan Longitudinal Balok A, B dan C



Gambar 5. Sketsa *Setting* Alat Pengujian Balok Lentur

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan berat jenis agregat pasir didapatkan berat jenis pasir SSD sebesar  $2,5125 \text{ gr/cm}^3$ . Menurut Gambhir (1986), berat jenis agregat pasir normal berkisar antara  $2,5-2,7 \text{ gr/cm}^3$  sehingga pasir yang diuji dapat digolongkan sebagai agregat pasir normal. Pemeriksaan kandungan zat organik dalam pasir didapatkan warna larutan di atas pasir menjadi orange tua sekali sesuai dengan *Gardener Color Standard (no 14)*. Menurut ASTM C40 – 92, warna no.14 pada *Gardener Color Standard* tidak dapat digunakan namun tetap dapat digunakan apabila dilakukan pencucian pasir terlebih dahulu sebelum pengecoran agar zat organik berkurang. Pemeriksaan kandungan lumpur didapatkan kandungan lumpur dalam pasir asal Kali Progo 3,46%. Menurut PUBI 1982, kandungan lumpur dalam pasir tidak boleh melebihi 5% untuk mutu beton 10 Mpa dan tidak boleh melebihi 2,5% untuk beton dengan mutu lebih tinggi.

Hasil pengujian baja tulangan 10 diperoleh tegangan leleh ( $f_y$ ) 351,3780 MPa, tegangan ultimit ( $f_u$ ) 512,6938, regangan leleh ( $\epsilon_y$ ) 0,0017 dan modulus elastisitas ( $E_s$ ) 209749,5114 MPa.

Pemeriksaan berat jenis beton umur 28 hari BS 1, BS 6 dan BS 11 secara berurutan adalah  $1606,85 \text{ kg/m}^3$ ;  $1716,39 \text{ kg/m}^3$  dan  $1671,90 \text{ kg/m}^3$ .

Pemeriksaan kuat tekan beton umur 28 hari dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

No	Beton Silinder	Kuat Tekan (MPa)
1	BS 1	6,4462
2	BS 2	7,0994
3	BS 3	9,2082
4	BS 4	10,2409
5	BS 5	6,6754
6	BS 6	7,0933
7	BS 7	6,3494
8	BS 8	7,7868
9	BS 9	6,0144
10	BS 10	8,2645
11	BS 11	8,0164
12	BS 12	7,4313
Rata – rata		7,5439

Dari tabel di atas kuat tekan rata-rata dari sampel balok tersebut adalah 7,5439 MPa. Berdasarkan dari jenis-jenis beton ringan, kuat tekan beton dengan menggunakan agregat kasar yang berasal dari pecahan bata ringan merk *citicon* termasuk dalam jenis beton ringan dengan kekuatan menengah menurut Dobrowolski (1998) yaitu 6,9-17,3 MPa.



Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Modulus Elastis Beton

Kode	Modulus Elastis (MPa)	
	* <i>E<sub>c</sub></i>	** <i>E<sub>c</sub></i>
BS 1	9807,19	7497,91
BS 6	11139,39	9705,12
BS 11	11775,17	11186,55

Keterangan : \* $E_c = 0,043 \cdot w_c^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c}$   
 \*\*  $E_c = E_{sekan}$

Dari table di atas, nilai modulus elastis beton analisis mempunyai nilai lebih besar dari nilai modulus elastis sekan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beton silinder tersebut tidak daktil.

Pengujian balok dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Beban Maksimum Hasil Pengujian dan Hasil Analisis Balok

Kode	Beban Maksimum (kN)	
	Hasil Pengujian	Hasil Analisis
BA 1	24,0127	26,2015
BB 1	60,6467	35,2380
BC 2	62,1474	34,1087

Dari tabel perbandingan diatas menghasilkan rasio hasil pengujian dengan analisis BA 1, BB 1 dan BC 2 adalah 0,9165; 1,7211 dan 1,8220.

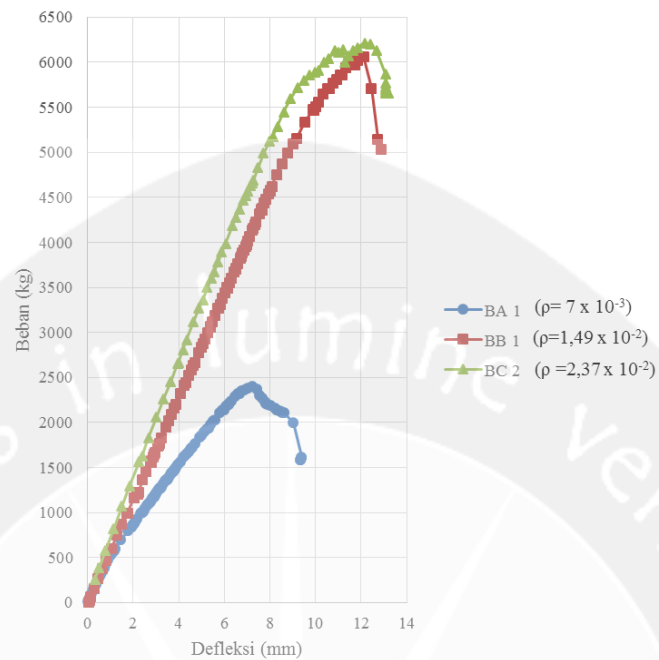
Beban pada retak pertama tersebut dibandingkan dengan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Beban Retak Pertama Hasil Analisis dan Pengujian

Kode	Beban Retak Pertama (kN)	
	Pengujian	Analisis
BA 1	8,4032	4,4038
BB 1	12,1869	4,4019
BC 2	48,2569	4,6796

Rasio hasil pengujian dan analisis beban retak pertama BA 1, BB 1, BC 2 secara berurutan adalah 1,9082; 2,7686 dan 10,3122.

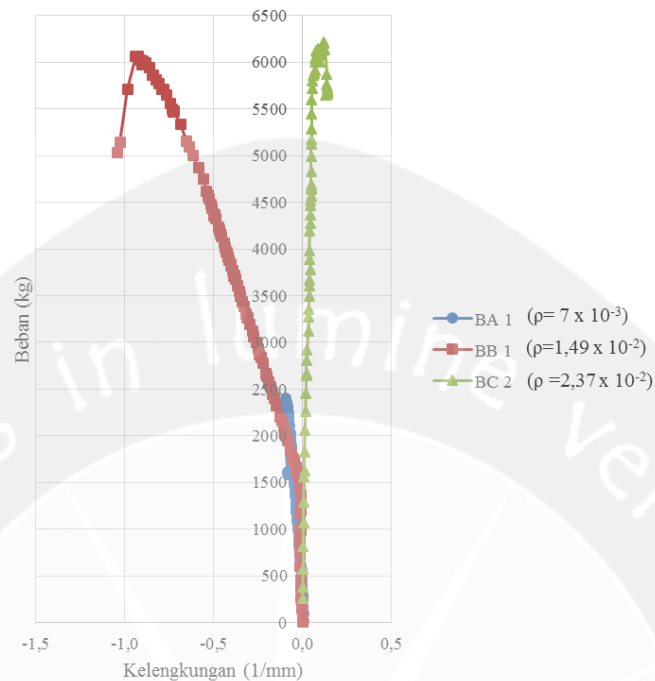
Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hubungan antara beban dan defleksi yang kemudian digambarkan dalam sebuah grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban dan Defleksi

Grafik hubungan beban dan defleksi di atas menunjukkan bahwa pertambahan defleksi berbanding lurus dengan pertambahan beban hingga mencapai beban maksimum. Perbedaan beban maksimum dan lendutan yang terjadi pada ketiga benda uji disebabkan oleh variasi tulang longitudinal.

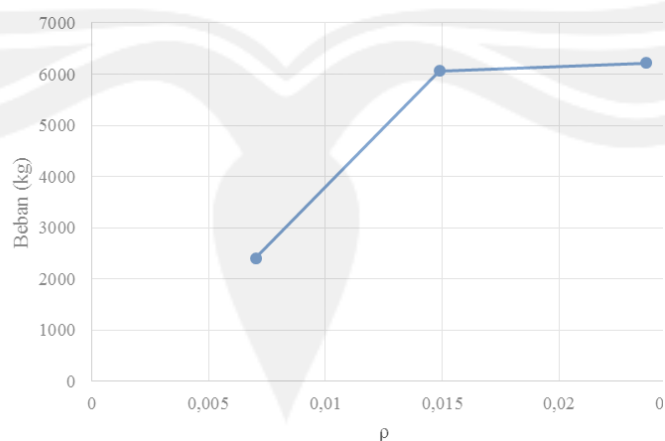
Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hubungan antara beban dan kelengkungan yang kemudian digambarkan dalam sebuah grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7. Grafik Hubungan Beban dan Kelengkungan

Grafik hubungan beban dan kelengkungan di atas terdapat nilai negative pada hasil pengujian benda uji dengan kode BA 1 dan BB 1. Hal tersebut dikarenakan pada saat pengujian pemasangan kabel *dial gauge* yang dihubungkan ke *dewetron* mengalami kesalahan pemasangan, sehingga lendutan yang didapatkan tidak rasional.

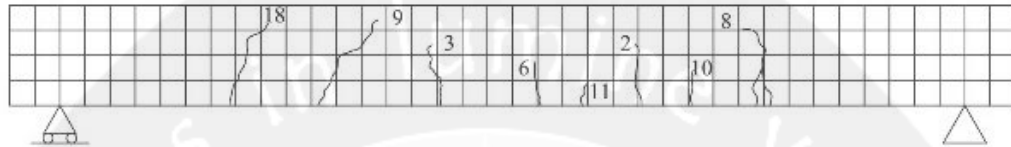
Dari hasil hasil penelitian balok beton ringan *citicon* didapat perbandingan rasio tulangan aktual seperti terlihat pada Gambar 8.



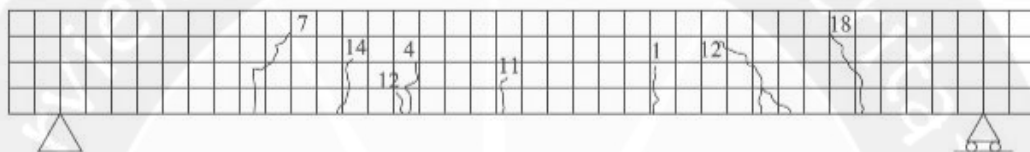
Gambar 8. Hubungan Rasio Tulangan Longitudinal dan Beban

Grafik hubungan antara beban maksimum dengan variasi rasio tulangan longitudinal dapat dilihat pada gambar belum didapatkan rasio tulangan yang optimum. Rasio tulangan longitudinal perlu diteliti lebih lanjut untuk mendapatkan nilai variasi yang optimum.

Retak yang ditimbulkan akibat pembebanan yang diberikan pada balok adalah retak lentur. Hal ini terjadi dengan ditandai retak rambut yang kemudian retak tersebut semakin melebar seiring bertambahnya beban sampai beban maksimum. Setelah itu kemampuan balok mengalami keruntuhan yang ditandai dengan penurunan kemampuan balok dalam menahan beban. Pola dan jenis retak dapat diamati pada gambar berikut.

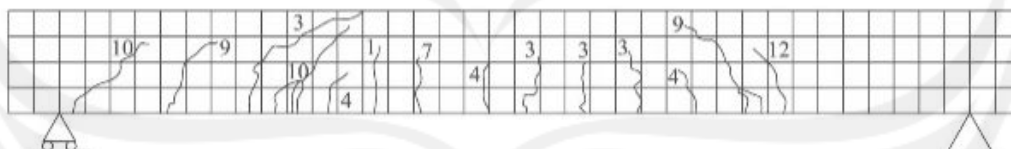


Gambar 9. Sketsa Pola Retak Benda Uji BA 1 Tampak Samping Kanan

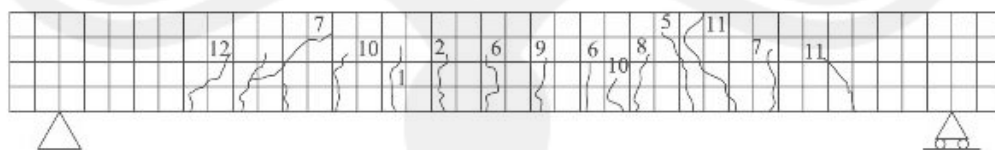


Gambar 10. Sketsa Pola Retak Benda Uji BA 1 Tampak Samping Kiri

Gambar diatas memperlihatkan bahwa retak pertama yang terjadi pada balok BA 1 terletak tepat dibawah *transfer beam*. Seiring bertambahnya beban mengakibatkan retak yang berarah vertikal terjadi pada sepertiga tengah bentang dan retak pertama yang sudah terjadi akan semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Hal ini bersamaan dengan semakin besarnya lendutan di tengah bentang.

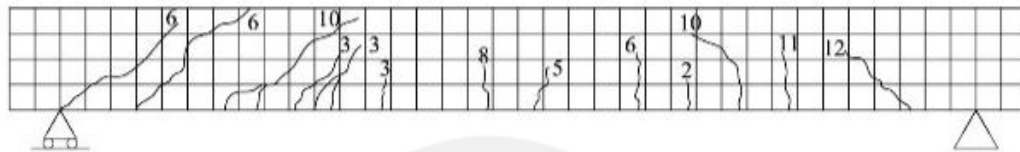


Gambar 11. Sketsa Pola Retak Benda Uji BB 1 Tampak Samping Kanan



Gambar 12. Sketsa Pola Retak Benda Uji BB 1 Tampak Samping Kiri

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa retak pertama yang terjadi pada balok BB 1 terletak tepat dibawah *transfer beam*. Bertambahnya beban mengakibatkan retak yang berarah vertikal banyak terjadi pada sepertiga tengah bentang dan retak pertama yang sudah terjadi akan semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Bersamaan dengan semakin besarnya beban, semakin besar juga lendutan yang terjadi di tengah bentang.



Gambar 13. Sketsa Pola Retak Benda Uji BC 2 Tampak Samping Kanan



Gambar 14. Sketsa Pola Retak Benda Uji BC 2 Tampak Samping Kiri

Gambar diatas menunjukkan bahwa retak awal yang terjadi pada balok BC 2 banyak terletak pada sepertiga tengah bentang. Retak miring akibat geser yang terjadi pada sepertiga bentang merupakan kelanjutan dari proses retak lentur yang terjadi. Semakin bertambahnya beban mengakibatkan retak awal semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Bersamaan dengan semakin besarnya beban, maka lendutan yang terjadi di tengah bentang akan semakin besar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Beban maksimum yang mampu diterima oleh balok dari hasil pengujian adalah BA 1 24,0127 kN; BB 1 60,6467 kN dan BC 2 62,1474 kN. Beban dari hasil analisis secara berurutan 26,2015 kN, 35,2380 kN dan 34,1087 kN. Dari perbandingan hasil pengujian dan analisis didapatkan rasio beban maksimum secara berurutan adalah 0,9165; 1,7211 dan 1,8220. Dari hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa balok yang dapat menahan kapasitas beban lentur maksimum adalah balok BC 2. Beban retak pertama dari hasil pengujian masing-masing adalah BA 1 8,4032 kN; BB 1 12,1869 kN dan BC 2 48,2569 kN. Rasio hasil pengujian dan analisis secara berurutan adalah 1,9082; 2,7686 dan 10,3122. Hubungan beban dan defleksi menunjukkan bahwa balok BC 2 memiliki nilai beban dan defleksi paling tinggi yaitu 62,1474 kN dan 12,1465 mm. Balok mengalami defleksi sehingga menyebabkan terjadinya retakan yang sering disebut retakan lentur

Saran yang dapat penyusun berikan dengan melihat hasil tersebut. (1) Perlu ditambahkan zat *admixture* untuk menambah kuat tekan beton. (2) Untuk penelitian yang akan datang sebaiknya menggunakan pengisi agregat ringan lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asmono, A.H.W., 2015, Pengaruh Komposisi Batu Apung dan Batu Pecah sebagai Agregat Kasar Terhadap Sifat Mekanis Beton Ringan, *Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Austen, A., 2014, Pengaruh Komposisi Beton Non-Pasir dengan substitusi Fly Ash dan Superplasticizier Terhadap Kuat Lentur dan Tarik Belah, *Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Buwono, T.C., 2014, Studi Kekuatan Balok Beton Menggunakan Baja Profil Siku Sebagai Pengganti Baja Tulangan Tarik, *Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Chapra, S.P., Canale, R.P., 1985, *Numerical Methods for Engineers*, Mc. Graw-Hill Book Company, Newyork.
- Dipohusodo, I., 1996, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dobrowolski, A.J., 1998, *Concrete Construction Hand Book*, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Gere, James M. and Timoshenko, 1996, *Mekanika Bahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hartono, K.B., 2010, Balok Beton dengan Tulangan Tarik Baja Siku, *Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Mulyono, 2004, *Teknologi Beton Bertulang*, Andi, Yogyakarta.
- Nawy, E.G., 1990, Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, (Terjemahan : Suryoatmono, B.), Eresco, Bandung.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 4431-2011)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*, Badan Sandardisasi Nasional
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2011, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 2834-2011)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2011, *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan (SNI 3449-2002)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Siahaan, H., 2014, Pengaruh Penggunaan Baja Profil Siku Terhadap Kuat Lentur Balok, *Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Suarnita, I.W., 2010, Karakteristik Beton Ringan dengan Menggunakan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar, *Tugas Akhir Universitas Tadulako*, Palu.
- Sugianto, R., 2012, Kolom Pendek Kanal C Ganda Bepengisi Beton Ringan Dengan Beban Eksentrik, *Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Tjokrodinuljo, K., 1992, *Teknologi Beton*, Bahan Ajar. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeritas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 1992, *Metode Numerik*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wibowo, K.A., 2013, Analisis Kuat Tekan Beton Ringan dengan Campuran Citicon Pengganti Anggregat Kasar, *Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.